

令和元年6月19日現在

機関番号：33924

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14671

研究課題名(和文) 高効率広帯域ファイバパラメトリック増幅器のためのロバスト分散化ファイバの開発

研究課題名(英文) Development of robust dispersive fiber for high efficiency broadband fiber parametric amplifier

研究代表者

Tong Hoang Tuan (TongHoang, Tuan)

豊田工業大学・工学(系)研究科(研究院)・嘱託研究員

研究者番号：30761853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：バッファ層を有するハイブリッド構造ファイバ(HMOF)、高非線形で短尺のファイバはファイバパラメトリック増幅(FOPA)利得スペクトルの信号利得および帯域を改善し、ファイバ断面構造の変化によって生じる利得スペクトルの変動を抑制することができることを明らかにした。バッファ層を有するテルライトガラスHMOFと比較して、カルコゲナイドガラスファイバは中赤外域での利用に適している。ゼロ分散波長は全長にわたって1555nmから1559nmの間の揺らぎを有するが、利得スペクトルはほとんど変化しない全長1mのテルライトファイバを作製することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ファイバ光パラメトリック増幅器(FOPA)は任意の波長域で広い利得帯域が得られることが期待でき、長い間その実現が望まれてきた。光パラメトリック増幅を効率的に起こすにはファイバの波長分散特性を精密に制御する必要がある。製造工程で生じる構造の揺らぎにより波長分散に揺らぎが生じるため、全長にわたって効率的に光パラメトリック増幅を実現することは困難であった。本研究では、構造の揺らぎが生じても波長分散はほとんど変化しない新規な構造を提案した。本研究の成果により、波長多重通信による通信速度の桁違いの向上、位相敏感増幅によるノイズのない光通信や量子通信の高効率化が実現するものと期待される。

研究成果の概要(英文)：It is demonstrated that hybrid microstructured optical fibers with a buffer layer (HMOF-buffer), high nonlinearity and short fiber length can improve fiber optical parametric amplification (FOPA) signal gain, bandwidth and suppress the fluctuation of the its gain spectra which are caused by the fiber transverse geometry variation. Compared to tellurite HMOF-buffer, chalcogenide HMOF-buffer is very promising in the mid-infrared region. The experimental results show that FOPA gain spectra after a 1-m-long fabricated tellurite fiber are invariant although the zero-dispersion wavelength fluctuates from 1555 to 1559 nm. In addition, tellurite HMOFs, especially, chalcogenide microstructured fibers with very high nonlinearity were fabricated. New glass materials for HMOF-buffer have also been studying aiming at great compatibility of glass stability and refractive index difference which are highly required to suppress FOPA signal gain variation and will be demonstrated in a very near future.

研究分野：工学

キーワード：波長分散 ファイバ光パラメトリック増幅 微細構造ファイバ ファイバ設計 ファイバ作製

1. 研究開始当初の背景

光ファイバ通信では、伝送損失により弱くなった光信号を電気信号に変換することなく直接的に増幅する光パラメトリック増幅器が用いられる。ファイバパラメトリック増幅器(FOPA)は通常の希土類添加ファイバ増幅器の使用範囲を超えた任意の波長で利得帯域が得られるだけでなく、位相敏感増幅や量子もつれ状態を用いた量子情報通信による超低損失通信が実現できるため、将来の通信技術の進展に欠かせないデバイスであると考えられる。

2. 研究の目的

任意の波長で広帯域な光増幅が可能な光ファイバパラメトリックを実現するには、広い波長域でゼロに近い波長分散を持つファイバが必要であり、複数の空気孔を有する微細構造を持つ高非線形光ファイバはその有力な候補である。しかしながら、実際のファイバ製造の工程において、ファイバの長手方向の揺らぎが生じることは避けられないため、ファイバ全体にわたって理想的な分散特性を有するファイバを作製することは困難である。本研究は、高効率な広帯域光パラメトリックファイバ増幅器の実現を目指して、ファイバの長手方向の構造的な揺らぎに対して分散の変化が少ないロバスト分散高非線形光ファイバに関する研究を行う。

3. 研究の方法

本研究では、広帯域かつロバストな分散を有するファイバパラメトリック増幅器を開発するため、以下の項目について研究を実施する。

数値シミュレーションを用いて、長手方向の全体にわたってロバストな波長分散特性を有する高非線形ファイバの設計を行う。

長手方向の波長分散の変化を作製したファイバについて測定するとともに、直接的な実測ができない波長域については断面構造から波長分散の推定を行う。

波長可変レーザー光源からの連続光と高出力短パルス光を用いて光パラメトリック増幅特性の評価を行う。

4. 研究成果

(1)数値シミュレーションによるロバスト分散ファイバの設計:

Figure 1 に示すように、高い非線形性を有する短尺のファイバを用いることで、スペクトル経常を保ちながらファイバパラメトリック増幅(FOPA)の信号利得帯域幅を拡げることで、ゼロ分散波長(ZDW)の揺らぎの FOPA 特性への影響を効果的に低減できることを示した[52]。

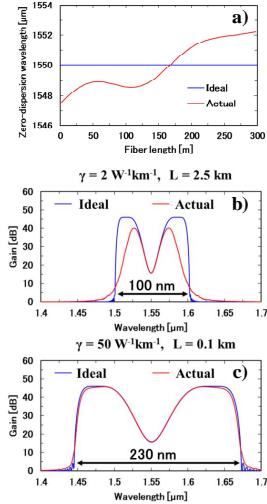


Fig.1. (a) ZDW fluctuation along the fiber length, (b) and (c) corresponding FOPA signal gain spectra when $\gamma = 2$ and $50 \text{ W}^{-1}\text{km}^{-1}$, respectively.

さらに、HMOF はより微小な領域に光を強く閉じ込めることができるため、空孔部分は同一の構造を有する微細構造ファイバ(MOF)より非線形係数が高くなることを明らかにした[15]。MOFはファイバのZDWを制御することに用いることができるが、波長分散プロファイル(CDP)の平坦性の制御を十分には行えない。Figure 2 に示すように、HMOFでは、コアの直径とコア-クラッドの屈折率差を調整することで、FOPAの性能向上に必要であるゼロに近くフラットであるようにCDPを効果的に制御することができる。さらにバッファ層を設けたHMOFでは、他のファイバと比較して最も高くと幅広い帯域の利得スペクトルが得られることを明らかにした。

バッファ層を設けたテルライトHMOFのその他の利点としてはファイバの断面構造の揺らぎによって生じるFOPA利得スペクトルの揺らぎを抑制できることである。Figure 2cに示すように $\pm 40 \text{ nm}$ のコア径の変動をHMOFに与えた場合、バッファ層のないテルライトHMOFでは波長分散と利得スペクトルが大きく変化する一方で、バッファ層を設けたテルライトHMOFでは、コアとバッファ層の屈折率差が0.02の時、コア径の変動に対してCDPは鈍感であり、ほぼ不変となった。その結果として、Fig. 3に示すようにバッファ層を設けたHMOFの利得信号スペクトルは経常を維持したままで、広い帯域であった。より実際に起こりうる条件として、ファイバの断面が99から101%の範囲で縮小・拡大した場合について考察した。バッファ層のないテルライトHMOFと比較して、バッファ層を設けたHMOFではわずかに波長分散の揺らぎを抑えることができるのみであるが、Fig. 4に示すように99と100%のとき、信号利得のピーク値と帯域幅が大きく改善した。

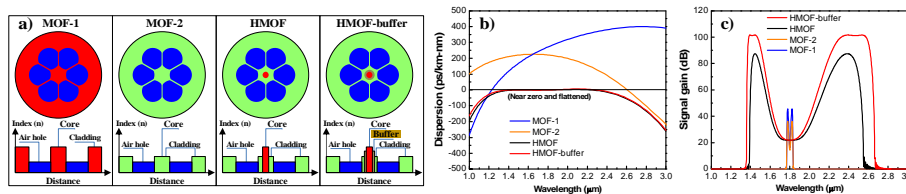


Fig. 2. (a) Designs of MOFs and HMOFs, (b) calculated chromatic dispersion profiles and (c) FOPA signal gain spectra.

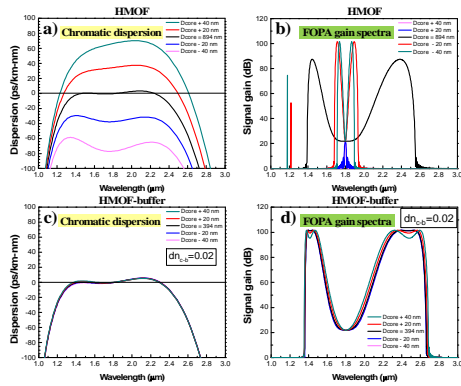


Fig. 3 (a-d) Chromatic dispersion and FOPA gain spectra of tellurite HMOF and of tellurite HMOF-buffer (core diameter variation is ± 40 nm).

近年、テルライトファイバよりも数十から数百倍高い非線形を有するカルコゲナイドファイバが大きな関心を集めている。我々はバッファ層を設けてカルコゲナイド HMOF は断面構造全体に変動が生じた場合でも FOPA 特性の変動を抑制できることを提案した [29]。Figure 5 に示すように 20dB を超える利得が 5540nm にわたる波長幅を持つ非常に広い FOPA 帯域を実現し、99 から 101% の変動を与えてもほぼそれが維持されることを明らかにした。バッファ層を設けたテルライト HMOF と比較して、バッファ層を設けたカルコゲナイド HMOF は中赤外域で高い FOPA 性能が得られるものと期待される。

(2) ロバスト分散ファイバの作製:

Figure 6 に示すようなテルライト MOF を作製することに成功し、全長 1m のファイバの ZDW の変動を見積もった。

Figure 6c に示すように ZDW は 1.555 から 1.559 μm の範囲で揺らぐが、FOPA 利得スペクトルは 5W で励起したときほぼ不変であった。50W 以上のポンプ光では測定した信号利得は約 100dB を超え、計算値と良く一致した。20dB の利得帯域幅は 300nm であった。

この他にも Fig. 7 に示すような断面構造を持つ種々のファイバを作製した。これらのファイバの作製と特性については発表論文 [14, 19, 1, 46, 13, 10, 3] で報告している。また、バッファ層材料の探索を行っており、アルカリ酸化物を含む種々のテルライトガラスや $\text{AsSe}_y\text{Se}_{1-x-y}$ の組成のカルコゲナイドガラスについて検討を行ってきた。高い熱的安定性とパラメトリック利得の変動を抑制する条件を満たすのに適した屈折率を有する、バッファ層を設けた HMOF 用のガラスについても研究を行っており、近い将来提示することができるものと考えている。

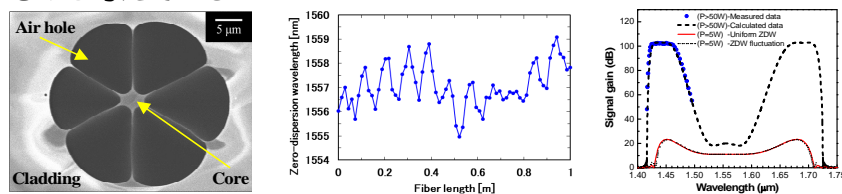


Fig. 6 (a) Tellurite HMOF cross-sectional image, (b) ZDW variation in a 1-m-long fiber and (c) its FOPA performance

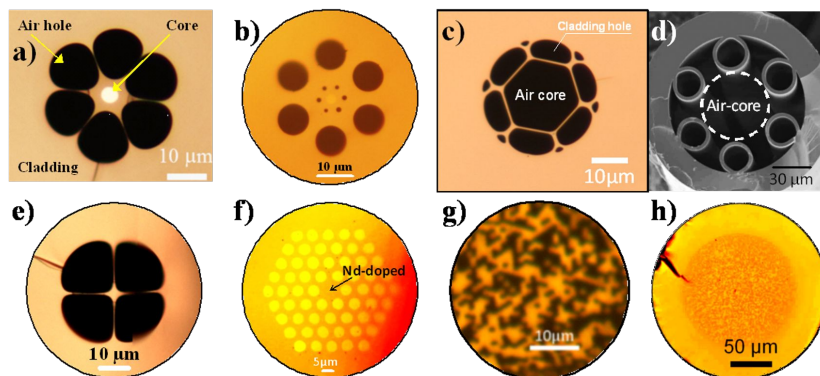


Fig. 7 Cross-sectional images of (a) tellurite HMOF (b) tellurite all-solid HMOF, (c-d) tellurite hollow core fiber, (e) chalcogenide MOF, (f) tellurite all-solid photonic bandgap fiber, and (g-h) tellurite all-solid disordered fiber which were fabricated in my work.

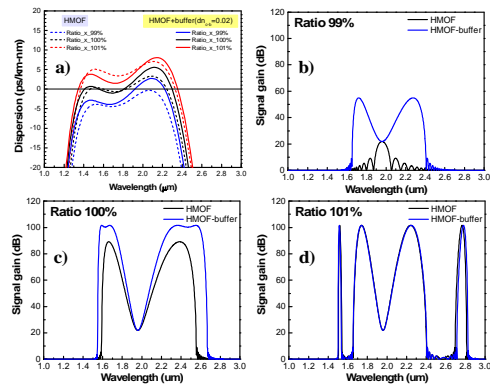


Fig. 4 (a) Chromatic dispersion, and (b-d) FOPA spectra when variation ratio is 99, 100 and 101%.

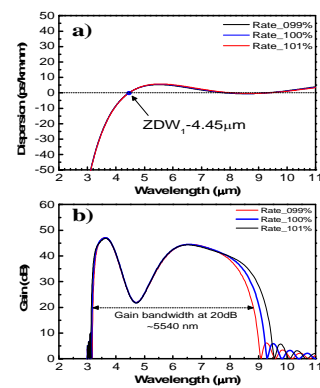


Fig. 5 (a) Calculated chromatic dispersion, and (b) FOPA gain spectra of chalcogenide HMOF-buffer.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 18 件)

1. T. H. Tuan, N. Nishiharaguchi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Fabrication of a novel tellurite hollow core optical fiber", Journal of the Ceramic Society of Japan, 査読有, Vol. 127, No. 4, pp. 187-190, 2019.
DOI: 10.2109/jcersj2.18195
2. H. P. T. Nguyen, T. H. Tuan, T. S. Saini, X. Luo, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Highly coherent supercontinuum generation in a tellurite all-solid hybrid microstructured fiber pumped at 2 μm ", Applied Physics Express, 査読有, Vol. 12, pp. 042010-1-5, 2019.
DOI: 10.7567/1882-0786/ab0aac.
3. T. H. Tuan, S. Kuroyanagi, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Characterization of an all-solid disordered tellurite glass optical fiber and its NIR optical image transport", Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, Vol. 58, pp. 032005-1-7, 2019.
DOI: 10.7567/1347-4065/aaf926.
4. X. Luo, T. H. Tuan, T. S. Saini, H. P. T. Nguyen, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Group velocity locked vector soliton and polarization rotation vector soliton generation in a highly birefringent fiber laser", Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, Vol. 58, pp. 020910-1-4, 2019.
DOI: 10.7567/1347-4065/aafc1e.
5. T. S. Saini, N. P. T. Hoa, T. H. Tuan, X. Luo, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Tapered tellurite step-index optical fiber for coherent near-to-mid-IR supercontinuum generation: experiment and modeling", Applied Optics, 査読有, Vol. 58, No. 2, pp. 415-421, 2019.
DOI: 10.1364/AO.58.000415.
6. T. S. Saini, N. P. T. Hoa, L. Xing, T. H. Tuan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Chalcogenide W-type Co-axial Optical Fiber for Broadband Highly Coherent Mid-IR Supercontinuum Generation", Journal of Applied Physics, 査読有, Vol. 124, No. 21, pp. 213101-1-8, 2018.
DOI: 10.1063/1.5062591.
7. T. S. Saini, T. H. Tuan, L. Xing, N. P. T. Hoa, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Coherent mid-infrared supercontinuum spectrum using a step-index tellurite fiber with all-normal dispersion", Applied Physics Express, 査読有, Vol. 11, pp. 10251-1-4, 2018.
DOI: 10.7567/APEX.11.102501.
8. H. P. T. Nguyen, K. Nagasaka, T. H. Tuan, T. S. Saini, X. Luo, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Highly coherent supercontinuum in the mid-infrared region with cascaded tellurite and chalcogenide fibers", Applied Optics, 査読有, Vol. 57, No. 21, pp. 6153-6163, 2018.
DOI: 10.1364/AO.57.006153.
9. X. Luo, T. H. Tuan, T. S. Saini, H. P. T. Nguyen, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Spacing-adjustable multi-wavelength erbium-doped fiber laser using a fiber Michelson interferometer", Applied Physics Express, 査読有, Vol. 11, pp. 082501-1-4, 2018.
DOI: 10.7567/APEX.11.082501.
10. T. H. Tuan, S. Kuroyanagi, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Near-infrared optical image transport through an all-solid tellurite optical glass rod with transversely-disordered refractive index profile", Optics Express, 査読有, Vol. 26, No. 13, pp. 16054-16062, 2018.
DOI: 10.1364/OE.26.016054.
11. T. Cheng, S. Li, X. Yan, T. H. Tuan, M. Matsumoto, S. Cho, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Mid-infrared cascaded stimulated Raman Scattering up to eight orders in As-S optical fiber", Optics Express, 査読有, Vol. 26, No. 9, pp. 12007-12015, 2018.
DOI: 10.1364/OE.26.012007.
12. T. S. Saini, N. P. T. Hoa, K. Nagasaka, X. Luo, T. H. Tuan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Coherent midinfrared supercontinuum generation using a rib waveguide pumped with 200 fs laser pulses at 2.8 μm ", Applied Optics, 査読有, Vol. 57, No. 7, pp. 1689-1693, 2018.
DOI: 10.1364/AO.57.001689.
13. T. H. Tuan, D. Demichi, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Suppressing 1.06- μm spontaneous emission of neodymium ions using a novel tellurite all-solid photonic bandgap fiber", Optics Communications, 査読有, Vol. 415, pp. 87-92, 2018.
DOI: 10.1016/j.optcom.2017.01.031.
14. T. H. Tuan, Z. Duan, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Fabrication and supercontinuum generation in a tellurite hybrid microstructured optical fiber with near-zero and flattened chromatic dispersion control", Journal of the Ceramic Society of Japan, 査読有, Vol. 125, No. 12, pp. 876-880, 2017.

DOI:10.2109/jcersj2.17135.

15. T. H. Tuan, N. P. T. Hoa, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Suppressing chromatic dispersion fluctuation for broadband optical parametric gain in highly nonlinear tellurite microstructured optical fibers", *Optical Review*, 査読有, Vol. 24, No. 6, pp. 757-764, 2017.

DOI: 10.1007/s10043-017-0377-0.

16. K. Nagasaka, L. Liu, T. H. Tuan, T. H. Tuan, T. Cheng, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Supercontinuum generation in chalcogenide double-clad fiber with near zero-flattened normal dispersion profile", *Journal of Optics*, 査読有, Vol. 19, pp. 1-9, 2017.

DOI: 10.1088/2040-8986/aa787b.

17. K. Nagasaka, L. Liu, T. H. Tuan, T. Cheng, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Numerical investigation of highly coherent mid-infrared supercontinuum generation in chalcogenide double-clad fiber", *Optical Fiber Technology*, 査読有, Vol. 36, pp. 82-91, 2017.

DOI:10.1016/j.yofte.2017.03.002.

18. T. Cheng, S. Tanaka, T. H. Tuan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "All-optical dynamic photonic bandgap control in an all-solid double-clad tellurite photonic bandgap fiber", *Optics Letters*, Vol. 42, No. 12, 査読有, pp. 2354-2357, 2017.

DOI: 10.1364/OL.42.002354.

【学会発表】(計 35 件)

19. H. P. T. Nguyen, T. H. Tong, X. Luo, T. S. Saini, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Experimental Demonstration of Highly Coherent Near to Mid-Infrared Supercontinuum Generation with All-solid Hybrid Microstructured Tellurite Fiber", *CLEO2019, JW2A.109*, May 5-10, 2019, San Jose, USA.

20. T. H. Tuan, N. Nishiharaguchi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Light propagation properties of a novel tellurite hollow-core fiber with single hexagonal air-hole layer", *CLEO2019, JW2A.96*, May 5-10, 2019, San Jose, USA.

21. T. S. Saini, H. P. T. Nguyen, X. Luo, T. H. Tuan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Demonstration of the Coherent Mid-IR Supercontinuum Generation in Tapered Tellurite Fiber", *CLEO2019, JW2A.93*, May 5-10, 2019, San Jose, USA.

22. T. H. Tuan, K. Suzaki, N. Nishiharaguchi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Tailoring bandgap transmission spectra of new neodymium-doped tellurite all-solid photonic bandgap fibers with double cladding layers", *Photonics West 2019*.

23. T. Suzuki, A. Nakatani, T. H. Tuan, and Y. Ohishi, "Numerical investigation on local confinement of infrared light in chalcogenide transversely-disordered optical fibers", *Photonics West 2019*.

24. T. S. Saini, H. P. T. Nguyen, X. Luo, T. H. Tuan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "W-type co-axial chalcogenide optical fiber for coherent mid-IR supercontinuum generation", *Photonics West 2019*.

25. X. Luo, T. H. Tuan, T. S. Saini, H. P. T. Nguyen, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Group velocity locked vector soliton and polarization rotation vector soliton generation in a birefringence enhanced fiber laser", *Photonics West 2019*.

26. H. P. T. Nguyen, T. H. Tong, T. S. Saini, X. Luo, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Ultra-flattened chromatic dispersion in all-solid hybrid micro-structured optical fibers for mid-infrared lightwave generation", *Photonics West 2019*.

27. T. S. Saini, N. P. T. Hoa, X. Luo, T. H. Tuan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Design and numerical investigation of a tapered tellurite step-index fiber for mid-IR supercontinuum generation", *Photonics West 2019*.

28. T. H. Tuan, "Suppressing 1.06 μm spontaneous emission of neodymium ions using a novel tellurite all-solid photonic bandgap fiber", *10th International Conference and Exhibition on Lasers, Optics, and Photonics*, 2018.

29. T. H. Tuan, N. P. Hoa, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Maintaining high performance of optical parametric amplification in a chalcogenide hybrid microstructured optical fiber", *OSA Laser Congress 2018*.

30. X. Luo, T. H. Tuan, T. S. Saini, N. P. Hoa, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Brillouin Comb Generation in a Half-open Fiber Laser with a Tellurite Single-Mode Fiber", *OSA Laser Congress 2018*.

31. T. S. Saini, T. H. Tuan, X. Luo, N. P. Hoa, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Experimental Demonstration of the Coherent Mid-IR Supercontinuum Source Using All-normal Dispersion Engineered Tellurite Fiber", *OSA Laser Congress 2018*.

32. N. P. T. Hoa, T. H. Tuan, T. S. Saini, X. Luo, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Coherent Mid-infrared Supercontinuum Generation Using All Solid Hybrid Micro-structured Tellurite Fibers", *2018 Frontiers in Optics / Laser Science*, 2018.

33. T. S. Saini, N. P. T. Hoa, T. H. Tuan, X. Luo, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Design and Modeling of a Chalcogenide Taper Fiber for High Average Power Supercontinuum Generation", *2018 Frontiers in*

Optics / Laser Science, 2018.

34. X. Luo, T. H. Tuan, T. S. Saini, N. P. T. Hoa, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Brillouin Comb Generation in a Highly Nonlinear Tellurite Single Mode Fiber", 2018 Frontiers in Optics / Laser Science, 2018.
35. T. H. Tuan, N. Nishiharaguchi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Propagation of a supercontinuum light source in a novel tellurite hollow core optical fiber", 2018 Frontiers in Optics / Laser Science, 2018.
36. X. Luo, T. H. Tuan, T. S. Saini, H. P. T. Nguyen, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Frequency combs generation in a linear half-open erbium Brillouin fiber laser with a tellurite single mode fiber", Advanced Architectures in Optics 2018.
37. T. H. Tuan, N. Nishiharaguchi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Fabrication of a Novel Tellurite Hollow Core Optical Fiber and Supercontinuum Light Propagation in Its Hollow Core", 9th International Conference on Optical Communication Systems (OPTICS) 2018.
38. Y. Ohishi, T. Cheng, T. H. Tuan, S. Tanaka, and T. Suzuki, "All-solid tellurite photonic bandgap fiber fabrication for dynamic photonic bandgap control", The 15th International Conference on the Physics of Non-Crystalline Solids 2018 (PNCS-ESG2018), 2018.
39. T. H. Tuan, D. Demichi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Tailoring optical bandgap properties of a Nd-doped tellurite all solid bandgap optical fiber to suppress the 1.06- μm emission of Nd³⁺ ions", 21st International Symposium on Non-Oxide and New Optical Glasses, 2018.
40. Y. Ohishi, K. Nagasaka, T. H. Tuan, and T. Suzuki, "Highly coherent mid-infrared supercontinuum generation by chalcogenide optical fiber", The 15th International Conference on the Physics of Non-Crystalline Solids 2018 (PNCS-ESG2018), 2018.
41. K. Nagasaka, T. H. Tuan, N. P. T. Hoa, M. Matsumoto, S. Cho. T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Near-infrared to Mid-infrared wavelength conversion by chalcogenide suspended-core fiber", CLEO 2018.
42. H. P. Nguyen, K. Nagasaka, H. T. Tong, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Highly Coherent Mid-infrared Supercontinuum Spanning From 1.8-10 μm Pumped By A 2- μm Laser", CLEO 2018.
43. H. T. Tong, S. Kuroyanagi, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Localization of light and transport of infrared optical image in a tellurite optical fiber with transversely-disordered refractive index profile", CLEO 2018.
44. T. H. Tuan, S. Kuroyanagi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "All-solid tellurite optical fiber with transversely disordered refractive index profile and its optical image transport performance", Photonics West 2018.
45. T. H. Tuan, D. Demichi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Tailoring Nd³⁺ emission spectrum by using a Neodymium-doped tellurite all-solid photonic bandgap fiber", Photonics West 2018.
46. K. Nagasaka, T. H. Tuan, H. P. T. Nguyen, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Far-detuned four-wave mixing for mid-infrared wavelength conversion in chalcogenide As₂S₅ suspended core fiber", Photonics West 2018.
47. T. H. Tuan, D. Demichi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Tailoring 1.33- μm spontaneous emission of Neodymium-ion by a novel tellurite all-solid photonic bandgap fiber", 7th International Workshop on Photoluminescence in Rare Earths: Photonic Materials and Devices (PRE'17), 2017.
48. T. H. Tuan, S. Kuroyanagi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Infrared image transport through an all-solid tellurite optical glass rod with transversely-disordered refractive index profile", OSA Laser Congress 2017.
49. Y. Ohishi, T. Cheng, K. Nagasaka, T. H. Tuan, T. Suzuki, M. Matsumoto, and H. Teuzka, "Mid-infrared Supercontinuum Generation in Chalcogenide Optical Fibers", 2017 CLEO Pacific Rim Conference, (CLEO-PR), 2017.
50. T. H. Tuan, D. Demichi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Suppressing 1.06- μm spontaneous emission of Neodymium by using a tellurite all-solid photonic bandgap fiber", OSA Frontiers in Optics + Laser Science APS/DLS, 2017.
51. T. H. Tuan, S. Tanaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Dynamic bandgap control in a double cladding tellurite photonic bandgap fiber", 2017 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO®/Europe-EQEC), 2017.
52. T. H. Tuan, H. Kawamura, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Suppressing the Effect of Dispersion Fluctuation on Broadband Optical Parametric Amplification using Highly Nonlinear Tellurite Microstructured Optical Fibers", 14th International Joint Conference on e-Business and Telecommunications (ICETE), 2017.
53. T. H. Tuan, N. P. T. Hoa, H. Kawamura, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Chromatic dispersion fluctuation and optical parametric amplification performance in a tellurite hybrid microstructured optical fiber with buffer layer", CLEO 2017.